پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۸، صفحهٔ ۱۱۳-۱۰۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 103-113 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.57642

ارزیابی صفات مورفولوژیکی و زراعی برخی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum*)

سهیلا افکار[1]* و پیام پزشکپور[2]

۱- استادیار گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

نخود (*Cicer arietinum*) گیاهی خودگرده‌افشان با تعداد کروموزم ۲n=۲x=۱۶ می‌باشد که به عنوان یکی از مهم‌ترین منبع پروتئین گیاهی در جهان شناخته شده است. ۱۵ژنوتیپ نخود برای پارامترهای مختلف عملکرد در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه ارزیابی شدند. در این تحقیق صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف تک‌بذر، تعداد غلاف دوبذر، تعداد غلاف پوک، وزن دانه با پوسته غلاف، وزن۱۰۰دانه، وزن کل دانه با کاه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن خشک ساقه تک‌بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد کاه، شاخص برداشت و تلاش زادآوری ارزیابی شدند. وجود تغییرات بسیارمعنی‌داری برای صفات وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و تعداد غلاف در هر بوته نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای این صفات است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که ژنوتیپ‌های G۱۵، G۸، G۱ و G۶ به ترتیب دارای بالاترین عملکرد دانه و در بین آن‌ها دو ژنوتیپ G۸ و G۱۵ از نظر عملکرد دانه و بیولوژیکی مناسب‌ترین هستند. نتایج همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت نشان داد که وزن۱۰۰دانه، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته (دانه + پوسته) و تعداد غلاف تک‌بذر بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه دارند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وزن دانه با پوسته غلاف تک بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف تک‌بذر صفات مناسبی برای اصلاح عملکرد دانه و گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالاتر در نخود می‌باشند. با توجه به این‌که عملکرد بالا یکی از معیارهای اصلی اکثر کشاورزان برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است، بنابراین برای اصلاح نخود، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌توانند از طریق دورگ‌گیری یا مستقیماً توسط کشاورزان استفاده شوند.

کلیدواژه: تجزیه علیت، تنوع ژنتیکی، صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه، نخود

مقدمه

سازمان جهانی غذا اعلام کرده که جمعیت جهان در سال۲۰۳۰ بیشتر از ۸میلیارد نفر می‌شود و لذا لازم است برای تأمین مواد غذایی این جمعیت، راهکارها و روش‌های جدیدی را به‌کار گرفت (Motavassel, 2013). نخود یک کالای باارزش بالا و منبع مهمی از پروتئین برای مصرف بشر در چندین کشور توسعه‌یافته است که در بین بذرهایی با پروتئین بالا، با میانگین پروتئین ۲۲درصد قرار می‌گیرد (Ghaffari *et al*., 2014)، همچنین پوشش غلاف و دانه نخود به‌عنوان علوفه استفاده می شود (Aggarwal *et al*., 2015) و نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی خاک به‌ویژه در مناطق دیم و خشک بازی می‌کند (Hajibarat *et al*., 2014). این گیاه دیپلوئید (۲n=۲x=۱۶)، خودگرده‌افشان و سومین دانه حبوبات مهم در جهان (Naghavi *et al*., 2012) با بیشترین میزان تولید در منطقه آسیا با حدود ۷/۶۷ تا ۱۰/۳۸میلیون تن از تولید جهان است. این گیاه جزء حبوبات زمستانه است که نقش مهمی در اقتصاد کشاوررزی در مناطق دیم دارد (Mohammadi & Talebi, 2015). ثابت شده که این لگوم در ارتباط با سایر محصولات زراعی به‌عنوان بخشی از تکامل کشاورزی در مناطق حاصلخیز ۱۰هزار تا ۱۲هزار سال پیش اهلی شده است (Naghavi *et al*., 2012). ایران به‌عنوان مرکز ثانویه تنوع برای برخی از حبوبات به‌طور عام و به‌طور ویژه برای نخود دارای تعداد زیادی از مجموعه‌هایی از ژرم‌پلاسم نخود در مناطق جغرافیایی متفاوت است (Ghaffari *et al*., 2014). تولید نخود در ایران کم و ناپایدار بوده که ممکن است با تکامل ارقام با پایه ژنتیکی ضعیف که آن‌ها را نسبت به تنش‌های زنده آسیب‌پذیر کرده، مرتبط باشد. ارقامی با پایه ژنتیکی ضعیف به علت استفاده بیش از حد از تعداد کمی ژرم‌پلاسم‌های خویشاوند در

*نویسنده مسئول: soheila.afkar@gmail.com

برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی ایجاد شده‌اند (Mohammadi & Talebi, 2015). با توجه به این‌که کارهای اصلاحی اندکی روی ارقام نخود ایرانی صورت گرفته است، تحقیقات بیشتری برای افزایش سودمندی ارزش غذایی این لگوم ارزشمند لازم است (Naghavi *et al*., 2012; Aggarwal *et al*., 2015). عملکرد و پایداری نخود از مهم‌ترین موضوعات اصلاحی برای این محصول می‌باشند. موفقیت برنامه اصلاحی آن‌ها عمدتاً به فراوانی منابع ژنتیکی بستگی دارد (Ramanappa *et al*., 2013). مخزن ژنتیکی محصولات زراعی مانند ژرم‌پلاسم نخود دارای تنوع ژنتیکی بوده که می‌تواند برای برنامه‌های اصلاحی حال و آینده مفید باشد (Tesfamichael *et al*., 2015). متنوع‌بودن منابع ژرم‌پلاسم از نظر ژنتیکی، همچنین آگاهی در مورد تنوع ژنتیکی و روابط بین ویژگی‌های اقتصادی می‌تواند به اصلاحگر برای تدبیر استراتژی اصلاحی مناسب از طریق غربال کردن و انتخاب برای گسترش ژنوتیپ‌های سازگارتر و پربارتر کمک کند (Ramanappa *et al*., 2013; Hajibarat *et al*., 2014). برای تعیین خصوصیات ژنتیکی می‌توان از روش‌های مختلفی اعم از سنتی مثل ویژگی‌های مورفولوژیکی تا روش‌های مولکولی و بیوشیمیایی استفاده کرد (Hajibarat *et al*., 2014). عملکرد دانه متغیر کمی است که نتیجه چندین فرایند بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در مراحل رشد و نمو محصول است (Tesfamichael *et al*., 2015). هدف اصلی اکثر برنامه‌های اصلاحی افزایش عملکرد است، اگرچه یک موفقیت عمده در اصلاح محصولاتی با عملکرد بالا از طریق انتخاب ساده از ژرم‌پلاسم به‌دست‌آمده است، ولی محدوده قابل توجهی برای افزایش بیشتر در عملکرد از طریق هیبریداسیون و انتخاب وجود دارد (Ramanappa *et al*., 2013). در تحقیقی نتایج تجزیه واریانس در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۵صفت مورفولوژیکی در ۳۵ژنوتیپ گندم مشخص کرد که اثر ژنوتیپ در تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح۱درصد معنی‌دار است (Babaie Zarch *et al*., 2013). نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در ۱۰۵توده نخود کابلی نشان می‌دهد که عملکرد بوته، تعداد شاخه‌های اولیه و شاخص برداشت به ترتیب بیشترین تغییرات را در بین توده‌های نخود داشتند. عملکرد دانه با صفات شاخص برداشت و عرض کانوپی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (Fazeli & Chegamirza, 2011). در تجزیه واریانس هفت صفت مورفولوژیکی، تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده نخود وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی است که می‌تواند از طریق انتخاب مورد بهره‌برداری قرار بگیرد (Hajibarat *et al*., 2014). در بررسی تنوع ژنتیکی ارقام باقلا، تفاوت قابل‌توجهی بین سه جمعیت اصلی باقلا برای صفات مورفولوژیکی مشخص شد (Backouchi *et al*., 2015). مطالعه‌ای برای بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی توده‌های عدس انجام شد و مشخص گردید که توده‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد تنوع خوبی دارند. ارتفاع از جمله صفاتی بود که رابطه مثبتی با عملکرد دانه داشت و همچنین همبستگی مثبتی بین صفات مورفولوژیک تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا برداشت مشاهده شد، به‌طوری‌که بایستی این ارتباطات مورد توجه اصلاح‌گران قرار بگیرد (Naroui *et al*., 2008). هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تنوع ژنتیکی ویژگی‌های مهم زراعی-مورفولوژیکی، روابط بین صفات مختلف با عملکرد دانه و استفاده از صفات مؤثر در برنامه به‌نژادی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت و مواد ژنتیکی مورد بررسی

این مطالعه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه سراب چنگائی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان با استفاده از ۱۵ژنوتیپ نخود (جدول ۱)، تهیه شده از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. عملیات تهیه زمین به ترتیب شامل شخم پاییزه، دو دیسک عمودبرهم و سپس تسطیح زمین توسط لولر (Leveler) بود. کود پایه بر مبنای ۵۰کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر اساس آزمون خاک محاسبه و قبل از کاشت در سطح مزرعه پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبل از کاشت توسط قارچ‌کش کاربوکسی تیرام به نسبت دو در هزار انجام شد. علف‌های هرز در دو نوبت در اواخر فروردین ماه و اوایل اردیبهشت توسط دست وجین شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری

در هنگام رسیدگی پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و صفات زیر اندازه‌گیری شد: ارتفاع بوته، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف تک‌بذر، تعداد غلاف دوبذر، تعداد غلاف پوک، وزن دانه با پوسته غلاف، وزن دانه تک‌بوته، وزن۱۰۰دانه، وزن کل دانه با کاه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن خشک ساقه تک‌بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد کاه، شاخص برداشت و تلاش

زادآوری. به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سطحی معادل ۱/۸مترمربع از هر کرت بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شد. بوته‌های برداشت‌شده پس از خشک شدن برای تعیین عملکرد بیولوژیکی توزین شدند. تفکیک دانه از کاه و کلش به‌صورت دستی انجام شد و سپس دانه‌ها توزین و شاخص برداشت با استفاده از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1. Studied genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype number	نام ژنوتیپ Genotype name	تیپ رشد Growth type
G1	SEL.S.P.L.k3-87	ایستاده، میان‌رس*
G2	SEL.S.P.L.k4-87	ایستاده، میان‌رس
G3	SEL.SPL.K10-87	ایستاده، میان‌رس
G4	SEL.SPL.K14-87	ایستاده، میان‌رس
G5	SEL.SPL.K17-87	ایستاده، میان‌رس
G6	SEL.SP.L.K18-87	ایستاده، میان‌رس
G7	FLIP05-46C	ایستاده، میان‌رس
G8	FLIP03-17C	ایستاده، میان‌رس
G9	FLIP05-18C	ایستاده، میان‌رس
G10	SEL.SP.L.K20-87	ایستاده، میان‌رس
G11	FLIP05-22C	ایستاده، میان‌رس
G12	SAR80J910K13-87	ایستاده، میان‌رس
G13	SEL.SP.L.K2-87	ایستاده، میان‌رس
G14	AZAD	ایستاده، میان‌رس
G15	ADEL	ایستاده، میان‌رس

*تیپ رشدی همه ژنوتیپ‌ها، ایستاده و میان‌رس

Growth type of genotypes: erect & intermediate

روش‌های آماری مورد استفاده

پس از آزمون نرمال‌بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل تجزیهٔ واریانس، مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۰/۰۵، تجزیهٔ رگرسیون، برآورد ضرایب همبستگی و تجزیهٔ علیت با نرم‌افزارهایSPSS، Minitab17، SAS 9.1 و Path2 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف برای صفات وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و تعداد غلاف وجود دارد و برای دیگر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). این تغییرات نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای عملکرد و صفات مربوط به عملکرد است. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها ی نخود (*Cicer arietinum* L.) مناطق مختلف کوسووا برای عملکرد دانه و وزن۱۰۰دانه مشاهده شد که با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش همخوانی دارد (Aliu *et al.*, 2016). به وجودآوردن یک روش اصلاحی مؤثر به وجود تنوع ژنتیکی بستگی دارد و موفقیت در اصلاح ژنتیکی یک صفت بستگی به ماهیت تنوع موجود در خزانه ژن مربوط به آن صفت دارد (Ebrahimi *et al.*, 2011). تنوع ژنتیکی مشاهده‌شده در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای عملکرد دانه، پتانسیل ژرم‌پلاسم برای تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری گسترده و ویژه با محیط را نشان می‌دهد. همچنین عملکرد دانه یکی از شاخص‌های اساسی برای شناسایی و گزینش ارقام برای استفاده‌کننده نهایی و کشاورزان می‌باشد (Mallu *et al.*, 2014). مشخص شده که کارآیی عملکرد نخود می‌تواند توسط تعداد غلاف در بوته تعیین شود و از طرف دیگر ژنوتیپ‌هایی با تعداد غلاف بیشتر می‌توانند برای هیبریداسیون با ارقام زودرس برای به‌دست‌آوردن عملکرد بالا استفاده شوند. همچنین تعداد غلاف در بوته می‌تواند به علت رقابت برای رطوبت و مواد غذایی قابل دسترسی خاک، فاکتوری باشد که اندازه بذر را کاهش دهد. وزن دانه یکی از مهم‌ترین صفات در نخود بوده که تفاوت معنی‌دار برای این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ممکن است به علت تفاوت در اندازه غلاف و زمان پرشدن غلاف باشد که اندازه

بذر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (Mallu *et al*., 2014). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که ژنوتیپ‌های G۱۵، G۸، G۱ و G۶ به ترتیب نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های G۱۵ و G۸ بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را تولید کرده بودند. ژنوتیپ‌های G۸ و G۱۵ برای تولید همزمان بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. بیشترین تعداد غلاف و وزن۱۰۰دانه، به ترتیب در ژنوتیپ G۸ و G۱۵ مشاهده شد. نتایج بررسی ژنوتیپ‌های مختلف نخود اختلاف معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه نشان می‌دهد (Ahmad *et al*., 2012; Chegamirza *et al*., 2012; Tesfamichael *et al*., 2015) که تحقیقات ذکرشده تأیید کننده نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش بوده و مبتنی بر وجود تنوع ژنتیکی بالا برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن می‌باشد. تنوع مشاهده‌شده بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فرصت خوبی برای اصلاح صفات مورد نظر در برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌کند و با استفاده از نتایج مقایسه میانگین‌ها می‌توان ارقامی با عملکرد دانه بالا را به‌عنوان والدین برای کارهای اصلاحی به‌کار برد.

همبستگی بین صفات

عملکرد گیاه نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام های اقتصادی گیاه بوده که از طریق روابط متعادل بین منبع و مخزن حاصل می‌شود، یا بعبارت دیگر موازنه صحیح بین منبع و مخزن عامل مهم دستیابی به عملکردهای مطلوب است (Vaghar *et al*., 2010). در انجام برنامه‌های گزینش، داشتن آگاهی و اطلاعات از ارتباط عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی دیگر بسیار مهم می‌باشد. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که از اثر متقابل تعداد زیادی صفت به‌دست می‌آید که تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط می‌باشد. جهت ارزیابی، بهبود عملکرد دانه و تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد، برآورد همبستگی ساده ابزار مناسبی برای رسیدن به این هدف می باشد (Mohammadi & Talebi, 2015). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات نشان داد که همبستگی صفت عملکرد دانه با صفات وزن۱۰۰دانه (r_p=۱، r_g=۰/۹۹)، تعداد کل غلاف در بوته (r_p=۰/۹۷۳، r_g=۰/۹۹) تعداد کل غلاف تک‌بذر (r_p=۰/۹۰۶، r_g=۰/۹۹)، وزن کل دانه با کاه تک‌بوته (r_p=۰/۹۳۹، r_g=۰/۹۳۸)، عملکرد بیولوژیکی (r_p=۰/۹۳۹، r_g=۰/۹۳۸)، تعداد دانه در بوته (r_p=۰/۹۴۴، r_g=۰/۹۹) و وزن دانه با پوسته غلاف (r_p=۰/۸۷۱، r_g=۰/۹۸۹) بسیار بالا و معنی‌دار است، اما با صفات عملکرد کاه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ (r_p=-/۵۹۶، r_g=-۰/۵۴۲) دارد. علایم همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی، مشابه و از نظر مقدار تفاوت داشت که به علت کمی‌بودن صفات مورد مطالعه و تأثیر قابل ملاحظه محیط بر آن‌ها این اختلافات مورد انتظار است. بالابودن مقدار ضریب همبستگی ژنوتیپی نسبت به فنوتیپی تأثیر کم محیط بر صفات مورد نظر را نشان می‌دهد و برعکس (Bakhshipour *et al*., 2013). با توجه به بالابودن همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی عملکرد دانه با صفات وزن۱۰۰دانه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد کل غلاف تک‌بذر، عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در بوته برای افزایش عملکرد دانه باید به این صفات به‌عنوان معیارهای مناسبی برای گزینش توجه کرد. از طرف دیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نشان می‌دهد که صفات اقتصادی می‌توانند همزمان بهبود یابند که با نتایج Tesfamichael *et al.* (2015) همخوانی دارد. مطالعاتی در مورد ضریب همبستگی بین صفات کمی در گیاه نخود نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی و تعداد غلاف در بوته (Rezaeian Zadeh *et al*., 2011; Ebrahimi *et al*., 2011; Tesfamichael *et al*., 2015) وزن۱۰۰دانه (Rezaeian Zadeh *et al*., 2011) و تعداد دانه در بوته (Rezaeian Zadeh *et al*., 2011; Ebrahimi *et al*., 2011) وجود دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. صفت شاخص برداشت بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفت تعداد غلاف تک‌بذر نشان داد (r_p=۰/۷۱۸). شاخص برداشت بیانگر میزان مواد آلی ساخته‌شده از منبع به مخزن است. بدیهی است هرچه میزان مواد فتوسنتزی بیشتری از اندام‌های سبز گیاه به دانه منتقل شود، سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Fazeli & Chegamirza, 2011). همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفت عملکرد بیولوژیکی با صفات وزن کل دانه با کاه تک‌بوته (r_p=۱، r_g=۰/۹۹)، وزن۱۰۰دانه (r_p=۰/۹۳۹، r_g=۰/۹۳۸)، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته (r_p=۰/۸۱۳، r_g=۰/۹۷۷)، وزن خشک ساقه تک‌بوته (r_p=۰/۹۳۹، r_g=۰/۷۴۶)، ارتفاع گیاه (r_p=۰/۸۱۲، r_g=۰/۹۹۶)، تعداد دانه در بوته (r_p=۰/۹۰۱، r_g=۰/۹۹)، تعداد شاخه اولیه (r_p=۰/۶۶۷، r_g=۰/۹۹) و تعداد کل غلاف در بوته (r_p=۰/۹۳۰، r_g=۰/۹۹) بسیار بالا و معنی‌دار بود، اما با صفت عملکرد کاه همبستگی منفی و معنی‌دار (r_p=-۰/۵۶۷، r_g=۰/۹۵۳) وجود داشت. به طور کلی از صفاتی که همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشته باشند، می‌توان برای پیش‌بینی عملکرد و شاید برای بهبود عملکرد

استفاده کرد و هرگونه افزایش مثبت در چنین صفاتی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود را افزایش می‌دهد.

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام

در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع (Y) و بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف تک‌بذر و وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته با ضریب تبیین ۱۰۰درصد بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند که این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده از ضرایب همبستگی مشابه می باشند. با توجه به عملکرد دانه (Ys)، وزن۱۰۰دانه (X1)، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته (X2) و تعداد غلاف تک‌بذر (X3) معادله زیر به‌دست آمد:

Ys= -۰/۱۴+ ۲۹/۹۹***X1 -۰/۰۱۲*X2 +۰/۰۱۳*X3

وجود ضریب تبیین معنی‌دار ۱۰۰ =R^2 در معادله رگرسیونی فوق نشان‌دهنده مؤثربودن این صفات در افزایش عملکرد دانه نخود است. نتایج نشان داد که وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف تک‌بذر باعث افزایش عملکرد دانه می‌شوند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود

Table 2. Mean squares (MS) of ANOVA morphological traits in *Cicer arietinum*

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS					
		عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد کل غلاف دوبذر Number of two-seed pod	تلاش زادآوری Productivity effort	تعداد دانه در غلاف Number of seed/pod	تعداد کل غلاف پوک Number of empty pod
تکرار Rep.	2	314387*	7^{ns}	2.03^{ns}	0.179^{ns}	0.3^{ns}	0.04^{ns}
ژنوتیپ Genotype	14	70946^{ns}	36.57^{ns}	0.68^{ns}	0.834^{ns}	0.58^{ns}	1.17^{ns}
خطا Error	28	57782	42.21	0.87	1.07	1.11	0.6
کل Total	44						

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS						
		تعداد دانه در بوته Number of seed/plant	تعداد کل غلاف در بوته Number of pod/plant	تعداد گره در ساقه Number of node/stem	تعداد کل بذر تک غلاف Number of one seed pod	وزن دانه با پوسته غلاف تک بوته Pod weight (seed+shell)	وزن کل دانه با کاه تک بوته Total weight (seed+straw)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
تکرار Rep.	2	646.5^{ns}	1787.7**	11.15^{ns}	875.3*	649.08**	985.8**	887183**
ژنوتیپ Genotype	14	469.8^{ns}	407.6^{ns}	9.29^{ns}	344.7^{ns}	144.94^{ns}	325.7^{ns}	293103^{ns}
خطا Error	28	304.7	296.3	4.79	228.7	94.98	167.4	150625
کل Total	44							

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اولیه Number of primary branch	وزن خشک ساقه تک بوته Dry weight of stem/plant	تعداد شاخه ثانویه Number of secondary branch	وزن۱۰۰دانه 100-seed weight	تعداد غلاف بارور Number of filled pod	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Rep.	2	17.65^{ns}	2.75*	2.04^{ns}	2.2^{ns}	4.35**	2.47*	4.35**
ژنوتیپ Genotype	14	49.31^{ns}	1.19^{ns}	1.15^{ns}	1.02^{ns}	1.25*	1.31*	1.25*
خطا Error	28	26.93	0.68	0.84	0.75	0.59	0.55	0.59
کل Total	44							

ns، * و **: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, *, **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

وزن۱۰۰دانه بالا، نشان‌دهنده استفاده از فتوسنتز در دسترس است و این دلیل همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه می‌باشد که این با نتایج دیگر (Saleem *et al.*, 2002) مطابقت دارد. وزن۱۰۰دانه یکی از اجزای عملکرد و نشان‌دهنده درشتی و ریزی، کیفیت و وزن مخصوص دانه‌ها می‌باشد. همچنین یک خصوصیت ژنتیکی تقریباً کمّی است که می‌تواند تحت تأثیر محیط نیز واقع شود (Mirzaei Heidari *et al.*, 2011). در مطالعه روابط میان صفات

مورفولوژیک توده‌های بومی گندم استان سیستان و بلوچستان تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام نشان داد که صفت وزن۱۰۰دانه بیشترین تأثیر روی عملکرد دانه دارد (Naroui *et al.*, 2008) و همچنین در تحقیقات دیگر شامل بررسی نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام در ژنوتیپ‌های نخود کابلی و دسی (Dashtaki *et al*., 2012)، مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت آبیاری تکمیلی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم (Nasri *et al*., 2012)، بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی (Keshavarznia *et al*., 2013) مشخص شد که وزن۱۰۰دانه تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشت که تأییدکننده نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق است. با توجه به این نتایج استنباط می‌شود که جهت افزایش عملکرد دانه انتخاب بر مبنای وزن۱۰۰دانه، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته و تعداد غلاف تک‌بذر مؤثر خواهد بود و انتظار می‌رود صفات ذکرشده در مدل بیشترین سهم را در پیش‌بینی عملکرد داشته باشند.

تجزیه علیت

تجزیه و تحلیل علیت عملکرد دانه گیاه (جدول ۳) نشان داد که صفت وزن۱۰۰دانه دارای بیشترین اثرات مستقیم و مثبت(۱/۰۰۲) بر این صفت می‌باشد و چون این اثرات مستقیم با همبستگی مطابقت داشته و در یک جهت بود، انتخاب مستقیم از طریق این صفت می‌تواند مفید باشد.

اثرات غیرمستقیم وزن دانه با پوسته غلاف در بوته (۰/۸۷۳) و تعداد غلاف تک‌بذر (۰/۹۰۸) از طریق وزن۱۰۰دانه مثبت می‌باشد، بدین معنی که صفات ذکرشده به‌طور غیرمستقیم با افزایش وزن۱۰۰دانه موجب افزایش عملکرد می شوند. صفت وزن دانه با پوسته غلاف در بوته و تعداد غلاف تک‌بذر اثر مستقیم پایینی بر تولید بذر دارند، اما به‌طور غیرمستقیم روی عملکرد دانه توسط افزایش وزن۱۰۰دانه تأثیر می‌گذارند که نشان می‌دهد صفت وزن۱۰۰دانه کارایی بالایی برای اصلاح عملکرد دانه دارد.

جدول ۳- تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه
Table 3. Path analysis for seed yield trait

			اثر غیرمستقیم Indirect effect		
صفات Traits	ضریب همبستگی Correlation Coff	اثر مستقیم Direct effect	وزن۱۰۰دانه 100- seed weight	وزن دانه با پوسته غلاف Pod weight (seed+shell)	تعداد غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod
وزن۱۰۰دانه 100- seed weight	1	1.002	-	-0.004	0
وزن دانه با پوسته غلاف Pod weight (seed+shell)	0.871	-0.005	0.873	-	0
تعداد غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod	0.906	0	0.908	-0.004	-

پیشنهاد می‌شود که انتخاب برای صفاتی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی عملکرد دانه تأثیر دارند و باعث افزایش عملکرد دانه شده -که با توجه به نتایج تجزیه علیت این آزمایش، بر اساس صفات وزن دانه با پوسته غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه- انجام گیرد که می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. اثرات غیرمستقیم وزن دانه با پوسته غلاف در بوته (۰/۸۷۳) و تعداد غلاف تک‌بذر (۰/۹۰۸) از طریق وزن۱۰۰دانه مثبت می باشد، بدین معنی که صفات ذکرشده به‌طور غیرمستقیم با افزایش وزن۱۰۰دانه موجب افزایش عملکرد می‌شوند. صفت وزن دانه با پوسته غلاف در بوته و تعداد غلاف تک‌بذر اثر مستقیم پایینی بر تولید بذر دارند، اما به‌طور غیرمستقیم روی عملکرد دانه توسط افزایش وزن۱۰۰دانه تأثیر می‌گذارند که نشان می‌دهد صفت وزن۱۰۰دانه کارآیی بالایی برای اصلاح عملکرد دانه دارد. پیشنهاد می‌شود که انتخاب برای صفاتی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی عملکرد دانه تأثیر دارند و باعث افزایش عملکرد دانه شده انجام گیرد. با توجه به نتایج تجزیه علیت این آزمایش، انتخاب بر اساس صفات وزن دانه با پوسته غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. در بررسی لاین‌های نخود در تحقیقی (Saleem *et al*., 2002) با توجه به همبستگی معنی‌دار و مثبت عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه و اثرات غیرمستقیم بالای وزن۱۰۰دانه از طریق تعداد غلاف در بوته، پیشنهاد شد که صفت وزن۱۰۰دانه نقش مهمی در عملکرد دانه دارد که تأییدکننده نتایج این آزمایش می باشد. وجود تنوع ژنتیکی وسیع برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کابلی ارزیابی‌شده توسط (Tesfamichael *et al*, 2015) امکان تولید ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا برای سازگاری‌های خاص و گسترده را نشان می‌دهد که با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق همخوانی دارد. در گیاه نخود از دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های گزینش‌شده برای افزایش سازگاری به شرایط آب و هوا و خاک موجود، همچنین گسترش لاین‌هایی برای شرایط محیطی جدید

می‌تواند استفاده کرد (Ramanappa *et al.*, 2013). با توجه به این‌که یکی از شاخص‌های اصلی برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ های برتر برای اکثر کشاورزان عملکرد بالا می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌توانند برای اصلاح نخود از طریق دورگ‌گیری یا مستقیماً توسط کشاورزان استفاده شوند.

نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات و نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت که نشان داد صفات وزن ۱۰۰دانه، وزن دانه با پوسته غلاف و تعداد کل غلاف تک‌بذر مهم‌ترین اجزای مؤثر بر عملکرد دانه محسوب می شوند. لذا می‌توان گفت که احتمالاً اختلاف در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به علت تفاوت در این صفات است. از بین این صفات، صفت وزن ۱۰۰دانه با توجه به مقادیر بالای همبستگی و اثر مستقیم و مثبت آن در تجزیه علیت می‌تواند بر روی بهبود عملکرد دانه و یا گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های به نژادی به‌عنوان مبنایی برای انتخاب قابل توصیه باشد.

جدول۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود

Table 4. Mean comparison for morphological traits of chickpea genotypes

تعداد کل غلاف در بوته Number of total pod per plant	تعداد شاخه ثانویه Number of secondary branches	تعداد شاخه اولیه Number of primary branches	ارتفاع بوته Plant height (cm)	ژنوتیپ Genotype
58.7± 16.1 abc	4.1± 1.1 ab	2.76± 0.23 bc	45.20± 3.64 abc	G1
38.33± 8.09 c	3.36± 0.63 ab	2.93± 0.34 abc	42.10± 1.95bc	G2
53± 8.74 abc	5.67± 0.88 ab	2.53± 0.46 c	44.30± 2.5 abc	G3
55± 10.2 abc	4.53± 1.44 ab	3.06± 0.29 abc	45.77± 1.86 abc	G4
50± 14.5 abc	12.83± 6.77 a	2.96± 0.88 abc	40.63± 3.71bc	G5
60± 16. 4 abc	5.73± 1.44 ab	3.1± 0.66 abc	45.97± 2.03 abc	G6
36.67± 2.33 c	2.67± 0.67 b	2.3± 0.17 c	42.10± 1.50 bc	G7
76± 1.73 a	8.55± 0.14 a	4.02± 0.33 a	48.65± 0.37 ab	G8
63.7± 18.7 abc	7.17± 1.95 a	2.73± 0.29bc	40.73± 6.65 bc	G9
40.7± 10.7 bc	4.37± 1.1 ab	2.96± 0.2 abc	37.20± 1.59 c	G10
45.3± 10.2 abc	4.86± 0.94 ab	2.63± 0.52 bc	40.96± 0.49 bc	G11
51.3± 13. 4 abc	4.63± 2.02 ab	2.96± 0.2 abc	40.30± 1.15bc	G12
50.5± 7.22 abc	5.65± 0.95 ab	3.15± 0.08 abc	48.50± 5.48 ab	G13
48± 13.7 abc	5.3± 2.76 ab	3.3± 0abc	40.63± 2.23 bc	G14
74± 1.73 ab	7.3± 0.17 ab	3.6± 0 abc	52.45± 1.07 a	G15

Continue of Table 4

وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته Pod weight (seed+shell) (g)	وزن خشک ساقه تک‌بوته Dry weight of stem (g)	تعداد کل غلاف پوک Number of empty pods	تعداد کل غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod	تعداد گره در ساقه Number of node per stem
32.07± 7.13 abc	15.33± 3.54 ab	2.33± 0.88 abc	48.3± 12.1 abc	20.43± 0.72 ab
19.47± 4.18 bc	11.4± 1.97 b	6± 2.52 ab	28.33± 7.88 c	16.03± 1.47 c
25.53± 3.78 abc	16.57± 3.06 ab	3.67± 2.67 abc	48.33± 6.17 abc	19.96± 0.82 abc
27.63± 5.89 abc	14.9± 3.06 ab	2.67± 0.67 abc	45.33± 5.46 abc	20.37± 1.21 ab
22.5± 7.21 abc	13± 4.25 ab	1± 0 c	41.3± 11.2 abc	18.53± 3.09 abc
30.6± 8.66 abc	18.97± 5.9 ab	2.67± 0.67 abc	49.3± 14.2 abc	18.4± 0.58 ab
16.97± 0.57 c	34.8± 19.1 ab	2± 0.57 bc	30.33± 2. 4 bc	20.97± 1.66 ab
38.7± 2.66 a	21.32± 0.04 ab	6± 1.5 ab	60± 2.89 ab	22.65± 1.36 a
31.87± 6.77 abc	17.87± 5.29 ab	7.33± 2.33 a	60± 11.6 ab	20.87± 1.67 ab
18.67± 4.57 c	12.07± 3.42 ab	1± 0 c	38± 10.3 abc	20.43± 0.86 ab
32.5± 16.5 abc	12.2± 1.08 ab	3.33± 1.2 abc	38.3± 10.7 abc	19.97± 1.04 abc
24.9± 4.13 abc	13.27± 2.23 ab	5.33± 1.33 ab	43.7± 10.5 abc	18.67± 0.88 abc
26.45± 5. 4 abc	18.3± 2.42 a	4± 1 abc	37± 11 abc	20.25± 1.01 ab
18.9± 4.32 c	13.07± 3.06 ab	5.33± 1.76 ab	41.7± 12. 4 abc	17.73± 0.46 bc
38.25± 1.88 ab	24.4± 0.34 abc	2.5± 0.26 abc	66± 1.15 a	22.65± 0.37 a

Continue of Table 4 ادامه جدول ۴-

عملکرد بیولوژیکی **Biological yield ($g.m^{-2}$)**	عملکرد دانه **Seed yield ($g.m^{-2}$)**	وزن کل دانه با کاه **Total weight (seed+straw) per plant (g)**	عملکرد کاه (گرم) **Straw yield (g)**	ژنوتیپ **Genotype**
1308± 209 ^{ab}	716± 154 ^{abcd}	43.6± 6.97 ^{ab}	805± 96 ^{ab}	G1
1113± 178 ^{b}	438± 75^{cd}	37.1± 5.92^{b}	950± 149^{ab}	G2
1379± 90.2 ^{ab}	589± 95 ^{abcd}	46.57± 3.01 ^{ab}	860± 219 ^{ab}	G3
1385± 293 ^{ab}	611± 125 ^{abcd}	46.17± 9.77 ^{ab}	667± 149 ^{ab}	G4
1283± 455^{ab}	561± 185^{bcd}	42.8± 15.2^{ab}	634± 201^{ab}	G5
1685± 424 ^{ab}	700± 197 ^{abcd}	56.2± 14.1 ^{ab}	716± 190 ^{ab}	G6
1009± 96.7 ^{b}	378± 26.7 ^{d}	33.63± 3.22 ^{b}	882± 83.2 ^{ab}	G7
1909.8± 96.06 ^{a}	864.8± 53. 3 ^{a}	63.65± 3.32 ^{a}	578± 96.6 ^{ab}	G8
1628± 446 ^{ab}	717± 161 ^{abc}	54.3± 14.9 ^{ab}	509± 122 ^{b}	G9
961± 264 ^{b}	430± 89.1^{cd}	32.03± 8.78 ^{b}	644± 248 ^{ab}	G10
1072± 205 ^{b}	434± 99.1 ^{cd}	35.73± 6.84 ^{b}	902± 261 ^{ab}	G11
1270± 163^{ab}	544± 106^{abcd}	42.33± 5.42^{ab}	1011± 142^{a}	G12
1559± 216 ^{ab}	588± 95.3 ^{abcd}	51.95± 7.19 ^{ab}	705± 96.1 ^{ab}	G13
1129± 198 ^{b}	433± 90.2 ^{cd}	37.63± 6.61 ^{b}	964± 80.5 ^{ab}	G14
1956± 22.5 ^{a}	871.5± 45.9 ^{ab}	65.2± 0.75 ^{a}	690± 0 ^{ab}	G15

وزن۱۰۰دانه (گرم) **100- seed weight**	شاخص برداشت **Harvest index (%)**	تعداد غلاف بارور **Number of filled pod**	تعداد دانه در بوته **Number of seed per plant**
23.87± 5.15 ^{abcd}	42.08± 7.27 ^{ab}	14± 3.21 ^{ab}	65± 18 ^{abc}
14.6± 2.5^{cd}	38.16± 3.03^{b}	17.67± 3.76^{a}	42.33± 3.38^{c}
19.63± 3.17 ^{abcd}	39.95± 1.34 ^{ab}	12± 3.21 ^{abc}	59.7± 10.1 ^{abc}
20.37± 4.18 ^{abcd}	42.08± 3.27 ^{ab}	5± 2 ^{c}	62± 14 ^{abc}
18.7± 6.15^{bcd}	43.63± 3.48 ^{ab}	6.33± 2.19^{bc}	56.7± 17.8^{abc}
23.33± 6.56 ^{abcd}	47.2± 6.68^{ab}	8.67± 0.88 ^{abc}	69.2± 18 ^{abc}
12.6± 0.89 ^{d}	40.76± 3.56 ^{ab}	6.67± 1.2 ^{bc}	37± 4 ^{c}
28.83± 1.78 ^{a}	41.91± 4.79 ^{ab}	10± 1.53 ^{abc}	87.5± 8.95 ^{ab}
23.9± 5.38 ^{abc}	47.18± 2.59 ^{ab}	5± 1.15 ^{c}	81.3± 19.5 ^{abc}
14.33± 2.97 ^{cd}	43.2± 2.54 ^{ab}	11± 3.61 ^{abc}	44.67± 8.74 ^{bc}
14.47± 3.3 ^{cd}	41.05± 1.23 ^{ab}	5.33± 1.76 ^{c}	53± 14.4 ^{abc}
18.13± 3.53^{abcd}	45.51± 3.65 ^{ab}	6± 2.52^{bc}	53.7± 14.4^{bc}
19.6± 3.18 ^{abcd}	41.01± 2.09^{ab}	4.67± 1.86 ^{c}	56± 4.62 ^{abc}
14.43± 3.01 ^{cd}	40.73± 0.33 ^{ab}	10.67± 5.7 ^{abc}	49± 11.8 ^{abc}
29.05± 1.53 ^{ab}	51.68± 0 ^{a}	10± 0 ^{bc}	77± 2.89 ^{a}

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار می باشند.

Values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different at 0.05 probability level.

منابع

1. Aggarwal, H., Rao, A., Singh, J., Rana, J.S., Naik, P.K., and Chhokar, V. 2015. Assessment of genetic diversity among 125 cultivars chickpea (*Cicer arietinum* L.) of Indian origin using ISSR markers. Turkish Journal of Botany 39: 218-226.
2. Ahmad, Z., Mumtaz, A.S., Nisar, M., and Khan, N. 2012. Diversity analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm and its implications for conservation and crop breeding. Agriculture Sciences 3 (5): 723-731.
3. Aliu, S., Kaul, H.P., Rusinovci, I., ShalaMayrhofer, V., Fetahu, S., and Zeka, D. 2016. Genetic diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosova. Turkish Journal of Field Crops 21 (1): 156-161.
4. Babaie Zarch, M.J., Fotokian, M.H., and Mahmoodi, S. 2013. Evaluation of genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L) genotypes for morphological traits using multivariate analysis methods. Journal of Crop Breeding 5 (12): 85-98. (In Persian with English Summary).
5. Backouchi, I.Z., Aouida, M., Khemiri, N., and Jebara, M. 2015. Genetic diversity in Tunisian populations of faba bean (*Vicia faba* L.) based on morphological traits and molecular markers. Genetics and Molecular Research 14 (3): 7587-7596.
6. Bakhshipour, S., Gazanchian, A., Mohaddesi, A., Rahimsouroush, H., and Nasiri, M. 2013. Genotypic and phenotypic correlations between grai yield and some agronomic traits in promising rice lines. Agronomy Journal (Pajohesh & Sazandegi) 97: 82-90. (In Persian with English Summary).
7. Chegamirza, Sh., Chegamirza, K., and Mohammadi, R. 2012. Study of genetic variation in cultivars and landraces of chickpea based on agronomic traits in dryland conditions. Journal of Dry Farming 1 (1): 108-119. (In Persian).

8. Dashtaki, M., Bihamta, M.R., and Mohammad Ali Pour Yamchi, H. 2012. Evaluation of genetic diversity and morphological traits of Kabuli and Desi chickpea germplasm. Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 7-16. (In Persian with English Summary).
9. Ebrahimi, P., Farshadfar, E., and Farshadfar, M. 2011. Relationships between agronomic and physiologic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines in normal and drought tension conditions. 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, February 16-17, 2011. Islamic Azad University Branch of Kermanshah. (In Persian with English Summary).
10. Fazeli, F., and Chegamirza, K. 2011. Genetic Variation in Iranian Chickpea (*Cicer arietinum* L. Kabuli Type) Based on Agronomic Traits and RAPD Marker. Seed and Plant Improvement Journal 4: 555-579. (In Persian with English Summary).
11. Ghaffari, P., Talebi, R., and Keshavarzi, F. 2014. Genetic diversity and geographical differentiation of Iranian landrace, cultivars and exotic chickpea lines as revealed by morphological and microsatellite markers. Physiology and Molecular Biology of Plants 20 (2): 225-233.
12. Hajibarat, Z., Saidi, A., Hajibarat, Z., and Talebi, R. 2014. Genetic diversity and population structure analysis of landrace and improved chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes using morphological and microsatellite markers. Environmental and Experimental Biology 12: 161-166.
13. Keshavarznia, R., Mohammadi Nargesi, B., and Abbasi, A.R. 2013. The study of genetic variation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on morphological traits under normal and stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 44 (2): 305-315. (In Persian with English Summary).
14. Mallu, T.S., Mwangi, S.G., Nyende, A.B., Ganga Rao, N.V.P.R., Odeny, D.A., Rathore, A., and Kumar, A. 2014. Assessment of genetic variation and heritability of agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 5 (4): 76-88.
15. Mirzaei Heidari, M., Maleki, A., Tahmasebi, A., and Fazel, S.H. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of dryland chickpea cultivars under autumn and spring sowing in Ilam. Journal of Research in Crop Sciences 3(12): 41-56. (In Persian with English Summary).
16. Mohammadi, K., and Talebi, R. 2015. Interrelationships and genetic analysis of seed yield and morphological traits in mini core collection of Iranian landrace, breeding lines and improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Genetika 47(2): 383-393.
17. Motavassel, H. 2013. Grouping phonological and morphological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) Ardebil region using cluster analysis and detection function. International Journal of Farming and Allied Sciences 2(23): 1091-1094.
18. Naghavi, M.R., Rashidi Monfared, S., and Humberto, G. 2012. Genetic diversity in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces as revealed by microsatellite markers. Czecg Journal Genetics and Plant Breeding 48(3): 131-138.
19. Naroui Rad, M.R., Aghaei, M.J., Fanaei, H.R., and Ghasemi, M.M. 2008. The study of genetic variation of some morphologic and phenologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Pajouhesh and Sazandegi 78: 173-181. (In Persian with English Summary).
20. Nasri, R., Heidari Moghadam, A., Siadat, A.A., Paknejad, F., and Sadeghi Shoae, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian with English Summary).
21. Nisar, M., Ghafoor, A., Rashid Khan, M., Ahmad, H., Qureshi, A.S., and Ali, Haidar. 2007. Genetic diversity and geographic relationship among local and exotic chickpea germplasm. Pakistan Journal of Botany 39(5): 1575-1581.
22. Ramanappa, T.M., Chandrashekara, K., and Nuthan, D. 2013. Analysis of variability for economically important traits in chickpea (*Cicer arietinum* L). International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences 1(3): 133-140.
23. Rezaeian Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25 (5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
24. Saleem, M., Tahir, H.N., Kabir, R., Javid, M., and Shahzad, K. 2002. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L). International Journal of Agriculture and Biology 4 (3): 404-406.
25. Tesfamichael, S.M., Githiri, S.M., Nyende, A.B., and Rao, N.V.P.R. 2015. Variation for agro-morphological traits among Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Journal of Agricultural 7(7): 75-92.
26. Vaghar, M.S., Nourmohamadi, Gh., Shamsi, K., Pazki, A.R., and Kebraee, S. 2010. Effect of sowing time on yield and yield components of dryfarming chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah region. Journal of Agronomy and Plant Breeding 5(1): 1-18 (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 103-113 (Research Article)

Evaluation of agronomic and morphological traits of some chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes

Afkar[1*], S. & Pezeshkpour[2], P.

1. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Research Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

Received: 25 July 2016
Accepted: 10 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.57642

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a winter crop and mostly self-pollinated with chromosome number 2n=2x=16 that it is known as one of important source of vegetable protein in the world. It is found that 70% of the total world's chickpea production belongs to the Asian region. India, Turkey, Pakistan, and Iran are the major countries in Asia that produce chickpea. Iran is an important center of chickpea diversity but the productivity of chickpea in Iran is variable and low, which may be related to limiting climatic factors, water availability, genotype and little breeding work in Iranian chickpea cultivars. The presence of genetic diversity among genotypes indicates the genotypes are a valuable resource to increase product quality and productivity. Analysis of genetic diversity can provide practical information for selection of parental material in plant breeding programs and gene-bank management. The objectives of this study were to evaluate genetic variation among chickpea genotypes and to determine the relationships among agronomic traits with seed yield using analysis of variance, comparison of means, correlation coefficient, step-wise regression and path analysis.

Materials & Methods

The experiment was conducted in the city of Khorramabad 2014-2015, in latitude 33 degrees 36 minutes north and longitude 47 degrees and 40 minutes east of the Greenwich meridian is located. Its height from sea level is 1200 meters. Fifteen chickpea genotypes were supplied from Dryland Agricultural Research Institute, Iran and studied for various yield parameters under field conditions in a randomized complete block design with three replications. in present study 21 morphological characteristics such as plant height, number of primary branches, number of secondary branches, number of total pod per plant, number of node per stem, number of one-seed pod, number of two-seed pod, number of empty pod per plant, pod weight (seed+shell), seed weight per plant, 100- seed weight, number of filled pod, seed yield, number of seed per pod, number of seed per plant, biological yield, straw yield, harvest index, total seed weight (seed+straw), dry weight of stem and productivity effort were evaluated.

Results & Discussion

The analysis of variance showed highly significant variations ($p \leq 0.01$) among genotypes for seed weight per plant, 100-seed weight, seed yield and number of pod per plant characters. According to the mean comparison results, it was found that G8, G9, G1 and G6 genotypes have the highest seed yield respectively and G8, G9 and G13 genotypes have the highest biological yield. The correlation analysis results revealed that seed yield has a highly significant relationship with 100-seed weight, seed weight per plant, the number of pod per plant, the number of one-seed pod, the number of seed per plant and weight of pod (seed+shell) but there is a negative correlation between seed yield and straw yield. Also, there is positive and significant correlation between biological yield and total seed weight (seed+straw), 100-seed weight, pod weight (seed+shell), seed weight per plant, dry weight of stem, plant height, the number of seed per plant, the number of primary branches and the number of total pod per plant. Results of stepwise regression analysis

***Corresponding Author:** soheila.afkar@gmail.com

for seed yield as a dependent variable and the other traits as independent variables showed that 100% of total variation of seed yield justified by the number of one-seed pod, pod weight (seed+shell) and 100-seed weight traits. The path analysis confirmed that weight of pod (seed+shell) has the maximum positive direct influence on seed yield plant and 100-seed weight and number of one-seed pod also exhibited a considerable indirect effect on the seed yield through the weight of pod (seed+shell). Finally, the results of simple correlation, stepwise regression and path analysis in this experiment showed the 100-seed weight, weight of pod (seed+shell) and number of one-seed pods had the greatest effect on seed yield.

Conclusion

With regard to the result of mean comparison, it can be concluded that G8 and G9 genotypes from the studied genotypes are better based on seed yield and biological yield. Also, stepwise regression and path analysis results showed that pod weight (seed+shell), 100-seed weight and one-seed pod traits would be the appropriate selection criteria for better seed yield in chickpea.

Keywords: *Cicer arietinum*, Genetic variation, Morphological characterization, Path analysis, Seed yield